

1878, Michelson détermine la vitesse de la lumière avec un prisme tournant

Objectif

Citer la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.

Le français Hyppolyte Fizeau (1819-1896) a le premier déterminé la vitesse de la lumière en utilisant une roue dentée. Il a été de peu suivi par Léon Foucault (1819-1868) qui a utilisé un miroir tournant. En 1878, un jeune américain de 25 ans, Albert Michelson va réaliser des mesures très précises et les perfectionner jusqu'en 1926, où ses mesures feront référence.

Principe¹ :

L'élément essentiel est un prisme tournant dont les 8 faces sont autant de miroirs. La lumière de la source se réfléchit sur une des faces, puis sur les miroirs M1, M2 et le miroir sphérique S1, qui la transmet au miroir sphérique S2 à environ 35,4 km. Elle retourne par M3, S2 puis S1, M'2, M'1 sur le prisme octogonal qui la renvoie sur le détecteur (M2 est un peu au dessus du plan de la figure, M'2 en dessous). Si la rotation du miroir octogonal est exactement d'un huitième de tour pendant le temps de transit de la lumière, l'image est récupérée sur le détecteur. Dans le cas contraire, le rayon final n'est pas dans l'axe du détecteur et aucune lumière n'est détectée. Le dispositif combine donc miroir tournant et stroboscopie.

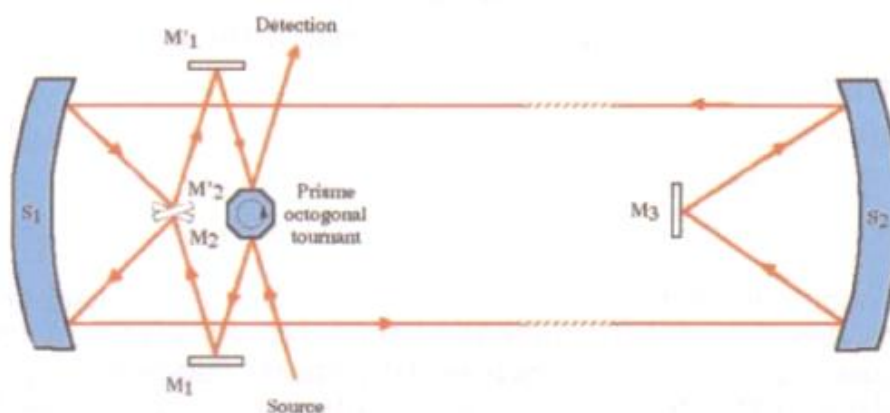


Figure 2: Prisme tournant



Figure 1: Albert Michelson (1852-1931)

¹ Source : L'Observatoire de Paris

Le GPS

Le positionnement sur Terre par GPS (Global Positioning System) nécessite de connaître la vitesse de la lumière. Les satellites envoient des signaux qui sont captés par les récepteurs qui, grâce à des horloges très précises, permettent de savoir combien de temps s'est écoulé entre l'émission du signal et sa réception. L'application GPS calcule la distance entre le récepteur (placé dans un téléphone par exemple) et trois des vingt-quatre satellites GPS placés en orbite autour de la planète.

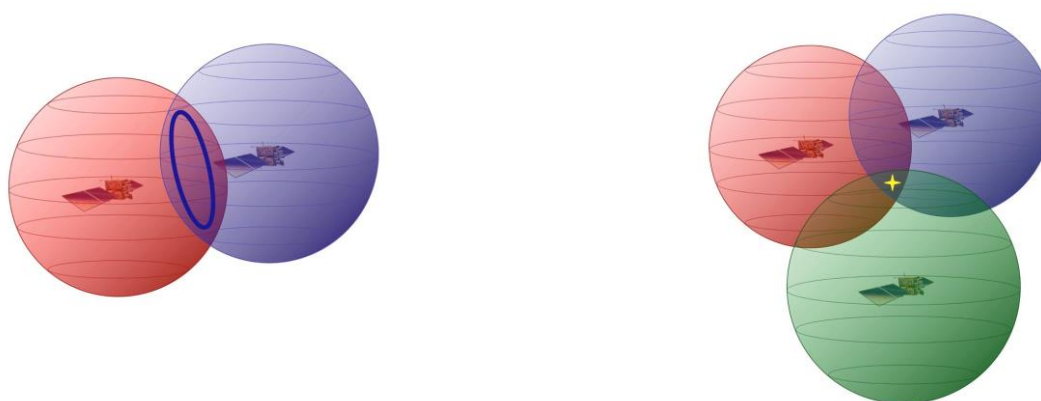


Figure 3: Zones de recouvrements pour deux ou trois satellites

Travail à effectuer

1. Retrouver la valeur de la vitesse de la lumière estimée par Michelson

1. Quelle distance parcourt la lumière dans l'expérience de Michelson ?
2. En combien de temps, le prisme a-t-il tourné d'un huitième de tour ?
3. Quelle est la vitesse de la lumière avec l'expérience de Michelson ?
4. Comparer avec le résultat connu aujourd'hui et expliquer l'éventuel écart observé.

2. Applications

1. Expliquer comment un récepteur GPS peut déterminer la distance qui le sépare des satellites
2. Pourquoi faut-il au moins trois satellites pour connaître sa position sur Terre ?
3. Soit un satellite en orbite géostationnaire (altitude de 35786 km) placé au-dessus d'un récepteur situé au sol, calculer le temps mis par un signal émis par le satellite pour arriver au récepteur.
4. La lumière de l'étoile Trappist met 39 années à nous parvenir. Déterminer la distance qui nous sépare de cette étoile. Exprimer le résultat en kilomètres et en notation scientifique.